

Список литературы

1. Выращивание посадочного материала хвойных пород с использованием ростовых стимуляторов / Н.Е. Проказин, Е.Н. Лобанова, Н.В. Пентелькина и др. // Лесохоз. информация. 2015. № 1. С. 50–56.
2. Яхин О. И., Лубянов А. А., Яхин И. А. Современные представления о биостимуляторах // Агрохимия. 2014. № 7. С. 85–90.
3. Хуршайнен Т. В., Кучин А. В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве // Изв. Коми научного центра УрО РАН. 2011. № 1. С. 17–23.
4. Биологическая активность терпеноидов, полученных по инновационной технологии из древесной зелени ели, пихты и березы / И.Г. Широких, Е.М. Карпова, Т.В. Хуршайнен, С.Ю. Огородникова, А.А. Широких // Агрохимия. 2008. № 10. С. 10–17.
5. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области : практ. руководство. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
6. Влияние биопрепаратов вэрва и вэрва-ель на всхожесть и рост однолетних сеянцев сосны обыкновенной / Е.М. Андреева, С.К. Стеценко, Т.В. Хуршайнен, Г.Г. Терехов, А.В. Кучин // Агрохимия. 2018. № 7. С. 57–64.

УДК 632.959

**Т. А. Калинина¹, О. А. Высокова¹,
Н. В. Лукьянина¹, Ж.-Дж. Фан³,
Т. В. Глухарева^{1, 2}**

*¹Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б. Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
t.a.kalinina@urfu.ru*

*²УрО РАН Институт органического синтеза
им. И. Я. Постовского,*

620137, Россия, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 22

*³Государственная лаборатория элементоорганической химии,
Нанкайский университет,
300071, Китай, г. Тяньцзинь, ул. Вейджин, 94*

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ СТИМУЛИРОВАТЬ СПУ РАСТЕНИЙ ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,3-СЕЛЕНОДИАЗОЛИМОЧЕВИНЫ*

Ключевые слова: элиситоры, системная приобретенная устойчивость, индукторы СПУ, 1,2,3-селенодiazол.

Большая потеря урожая сельскохозяйственных растений связана в основном с грибковыми и бактериальными поражениями растений. Вирусные заболевания растений распространены менее широко, но в тоже время являются

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 16-16-04022.

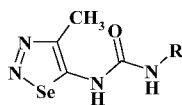
© Калинина Т. А., Высокова О. А., Лукьянина Н. В., Фан Ж.-Дж., Глухарева Т. В., 2018

более опасными. Это связано с тем, что вирусы полностью поражают сосудистую систему растений и эффективных препаратов для их лечения практически не существует [1].

Основным способом борьбы с такими заболеваниями являются уничтожение растений, пораженных вирусом, использование устойчивых сортов и борьба с вредителями – переносчиками болезней [2]. В устойчивых сортах защитная система растений активируется должным образом вовремя и до необходимой величины, требуемой для подавления развития патогена, приводящего к уменьшению или отсутствию заболевания. В то время восприимчивые сорта, несмотря на наличие общих защитных генов, не могут блокировать развитие патогена и развитие болезни, поскольку они активируются либо поздно, либо их величина экспрессии имеет меньшую величину [2]. Для профилактики вирусных заболеваний у неустойчивых сортов растений используют стимуляторы системной приобретенной устойчивости (СПУ) растений, способных индуцировать механизмы защиты растений к возбудителям болезней и формировать устойчивость к повторному заражению [3, 4]. Также стоит отметить, что активаторы СПУ стимулируют неспецифический иммунитет, таким образом, растение «иммунизируется» в отношении не только вирусов, а также бактерий и грибов. Природными СПУ (элиситами) являются салициловая, жасмоновая, арахидоновая, β -аминомасляная кислоты, никотинамид и т. д. [5]. Также разработаны и применяются синтетические стимуляторы СПУ, среди которых наиболее эффективными являются бион [6], тиадинил [7], метиадинил [8] – производные

1,2,3-тиадиазола. Поскольку активаторы СПУ растений не обладают какой-либо пестицидной или антибиотической активностью, их неблагоприятное воздействие на здоровье человека и окружающую среду минимально. Кроме того, поскольку они не взаимодействуют непосредственно с патогенами, маловероятно, что патогенные микроорганизмы растений будут развивать устойчивость к этим химическим веществам. Поскольку современные активаторы СПУ растений не способны обеспечить полную защиту, необходим поиск новых стимуляторов СПУ, способных индуцировать защитную систему растений в более полном объеме.

Нами были получены структурные аналоги синтетических активаторов СПУ, тиадинила и метиадинила, производные 1,2,3-селенодиазолилмочевин 1a-m по методике, разработанной нами ранее [9].



1a-m

R = C₆H₅ (1a), 4-CH₃C₆H₄ (1b), 4-CH₃OC₆H₄ (1c), 4-ClC₆H₄ (1d), 4-BrC₆H₄ (1e), 2-CH₃C₆H₄ (1f), 3-CH₃C₆H₄ (1g), 3-CH₃OC₆H₄ (1h), 2-ClC₆H₄ (1i), 3-ClC₆H₄ (1j), 2,4-Cl₂C₆H₃ (1k), 2-CH₃-3-ClC₆H₃ (1l), 2,6-(CH₃)₂C₆H₃ (1m)

Для исследований биологической активности соединений использовались растения табака *Nicotiana tabacum* L. в возрасте шестого листа. Исследуемые вещества растворяли до концентрации 100 мкг/мл в воде с добавлением 0,1 мл

ДМФА. Концентрация ВТМ, используемая в исследованиях, составляла 5,88Ч 10–2 мг/мл. В качестве положительного контроля сравнения использовали ти-адинил, в качестве отрицательного – обработанные водой растения. Три верх-них листа с каждого растения обрабатывали растворами соединений на первые, третьи и пятые сутки. На шестые сутки листья табака инокулировали ВТМ. Количество пятен на пораженных листьях растений подсчитывали на 3 сутки после инокуляции. Процента ингибирования заражения листьев табака ВТМ, рассчитанного относительно отрицательного контроля.

Селенодиазолы показали среднюю и высокую способность индуцировать СПУ растений (от 45,42 до 85,29%), кроме соединений 1e, j, i с низкой актив-ностью (менее 40%). Наилучшие результаты по стимулированию СПУ были получены при обработке растений растворами 1,2,3-селенодиазолилмочевин 1d, 1k, 1l. Наличие метильной группы в *орто*-положении бензольного кольца или атома хлора значительно увеличивает биологическую активность, а соединение 1l, содержащее как метильную группу в *орто*-положение ароматического ядра, так и атом хлора в *мета*-положении кольца, проявил СПУ эффект на уровне TDL (рис. 1).

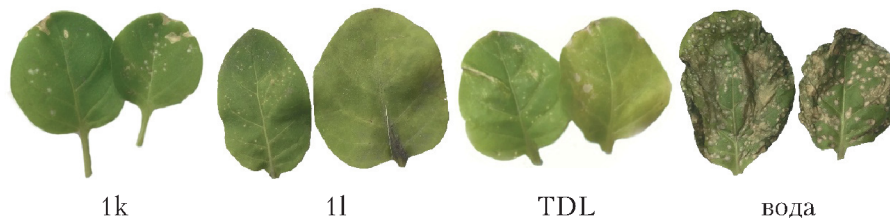


Рис. 1. Листья табака, обработанные соединением 1k, 1l, TDL, водой

Заключение. Таким образом, в ходе проведенного эксперимента, нами обнаружены соединения в ряду 1,2,3-селенодиазолов, стимулирующие СПУ растений на уровне коммерческого препарата тиадинила.

Список литературы

1. Tennant P., G'bba A., Roye M., Fermin G. Viruses: Molecular Biology // Host Interactions, and Applications to Biotechnology. P. 135156 (2018).
2. Huang H.-C., Wu M.-T. // Plant Pathology Bulletin. 2009. Vol. 18, P. 1–12.
3. Das S.K. // Journal of Atoms and Molecules. 2014. Vol. 4. P. 45–51.
4. Bektas Y., Eulgem T. // Frontiers in plant science. 2014. Bol. 5. P. 1–17.
5. Kessmann H., Staub T., Ligon J., Oostendorp M., Ryals J. // European J. of Plant Pathology 100. 1994. P. 359–369.
6. Zine H., Rifai L.A., Faize M., Bentiss F., Guesmi S., Laachir A., Smaili A., Makroum K., Sahibed-dine A., Koussa T. // J. of Agricultural and Food Chemistry. 2016. Vol. 64. P. 2661–2667.
7. Sakurai S., Ohara T., Morimoto M., Kondo N., Ikishima H. WO Patent No. 2015/141867 (24 September 2015).
8. Fan Zh.-J., Shi Z., Zhang H., Liu X., Bao L., Ma L., Zuo X., Zheng Q., Mi N. // J. of Agricultural and Food Chemistry. 2009. Vol. 57. P. 4279–4286.
9. Kalinina T. A., Shakhmina Y. S., Glukhareva T. V., Morzherin Y. Y., Fan Z. J.,

Borzenkova R. A., Skolobanova E. S., Kiseleva I. S. // J. of Heterocyclic Compounds. 2014. Vol. 50. P. 1039–1046.

УДК 581.1

**Е. Р. Сарварова, Д. К. Благова,
Р. М. Хайруллин, И. В. Максимов**

*Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
450054, Россия, г. Уфа, проспект Октября, 71
sarvarova_lena@mail.ru*

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭНДОФИТОВ ИЗ ДИКИХ И КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ ПШЕНИЦЫ*

Ключевые слова: бактериальные эндофиты, RGPB, защита растений, антагонистическая активность.

Одним из важных условий достижения высокой урожайности сельскохозяйственных культур является интегрированная защита растений от вредителей и болезней. В настоящее время, наряду с агротехническими мероприятиями, она включает применение фунгицидов и инсектицидов, комбинированных химических препаратов. Вместе с тем химические средства представляют значительную угрозу экологической обстановке среды обитания и являются канцерогенными. В связи с этим зарубежные и российские компании, проявляют высокий интерес к созданию полифункциональных, экологически безопасных препаратов, среди которых наиболее перспективными считаются микробиологические.

В качестве основы таких средств биологизации уникальными являются эндофиты, поддерживающие рост и развитие растений, не вызывающие у них болезней [1] и одновременно проявляющие комплекс хозяйственно полезных свойств – антагонизм к фитопатогенам, инсектицидность, мобилизацию и/или фиксацию элементов минерального питания. Многие эндофиты способны положительно влиять на рост растений и формировать у них устойчивость к стрессовым факторам через различные физиологические механизмы. Они способны синтезировать такие фитогормоны, как ауксины и цитокинины [2]. Также к положительным свойствам эндофитов относится улучшение фосфорного и азотного питания растений [3]. Некоторые эндофитные штаммы, например *Bacillus spp.*, активно синтезируют и выделяют во внеклеточную среду β -1,3-глюканазы и хитиназы, способные растворять и лизировать гифы патогенов и проявлять непосредственный антагонизм к ним [4, 5].

В настоящее время число препаратов, действующей основой которых являются эндофиты с перечисленной выше комплексной активностью, ограниче-

*Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ-офи № 17-29-08014 (2018) и гранта Республики Башкортостан молодым ученым и молодежным научным коллективам (договор № 3).
© Сарварова Е. Р., Благова Д. К., Хайруллин Р. М., Максимов И. В., 2018